

3차원 스캔 데이터에 의한 초등학생의 발 성장에 관한 연구

이정은 · 도월희[†]

전남대학교 의류학과/전남대학교 생활과학연구소

A Study of Elementary School Students' Feet Growth by 3D Scan Data

Jeong-Eun Lee and Wol-Hee Do[†]

Dept. of Clothing and Textiles/Research Institute of Human Ecology, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Abstract : This study was about to investigate the characteristics of elementary school students' feet growth, comparing and analyzed the measured values and the index values of 3D scan data. As the results from analyzing the measured values, the all measurement items excluding 'Toe 5 angle' showed some significant differences among the age classes, knowing that the elementary school students' feet were continually grown. Although, the items of length, thickness, width, height and circumference indicate some rapid growth of feet at 11 years old, but it appears slowing growth of 'Foot width' after the age of 11 years old. The angle item didn't show any sequential differences according to ages. As the results from analyzing the index values, the children in higher grades have longer 'Toe 5', thicker ankles, wider and thicker the superior part of feet than the children in lower grades. For the superior and the middle part of feet were lowly raised, their Arch height was low and thick. The inferior part of feet showed narrow width and higher height. Giving that the Medial ball width was wide and the Toe 1 angle is high for the children in higher grades, it is expected that the Metatarsophalangeal I might be more projected than that of children in lower grades. Likewise, knowing that the male students' feet shape was bigger than female students' feet from the result that the male students' index values were higher.

Key words : foot growth(발 성장), 3D scan data(3D 스캔 데이터), elementary school student(초등학생), anthropometric(인체계측), school aged children(학령기 아동)

1. 서 론

발은 사람이 서있을 때 몸을 지탱해주고, 보행할 때 신체에 가해지는 충격을 감소시키며 몸을 앞으로 밀어주고 몸의 균형을 잡아주는 등 중요한 기능을 한다(Kim, 1996). 발의 보행동작은 양발의 연속적인 동작과 신체 각 부 구조의 완전한 협조에 의해 이루어지기 때문에 신발이 발의 형태와 기능에 적합하지 않으면 신체의 피로가 높아질 뿐 아니라 발의 병이 발생하고, 발의 형태와 기능이 퇴화하는 원인이 되기도 하므로 신발의 크기, 소재, 형태 등은 발의 기능에 도움이 되어야 한다(Moon, 1993).

초등학생은 신체 성장의 속도가 빠르고 활동량이 크게 증가하는 시기이므로, 그들의 신체구조에 적합한 의류 및 신발 등의 설계가 필요하다(Lee & Do, 2013). 초등학생이 신는 신발의 형태는 뼈의 성장이 급격히 이루어지고 외압에 영향을 쉽게 받는 성장기에 있어서 중요한 요인이라고 할 수 있다(Ku et al., 2013). 성장기 아동의 발에 맞지 않는 매우 작은 신발은

발의 발달에 부정적인 영향을 초래하며 고통과 피로를 유발시킨다(Markus et al., 2008). 또한 발에 잘 맞는 신발을 선택하기 위해서는 치수 뿐 만이 아니라 발의 형태와 신발의 각 부위가 서로 적합한 것이 중요하다(Lim & Choi, 2005). 아동용 신발은 일반 성인신발을 기준으로 사이즈만 작게 만들어서 원활한 활동을 하는데 지장을 초래하며 신발의 기능, 연령과 성별에 적합한 아동의 성장이 고려된 신발개발이 이루어져야 한다(Wolf et al., 2008).

선행연구를 살펴보면, Park(1999, 2002)은 요인분석을 통하여 초등학생의 발과 하퇴부를 연결하는 형태요인분석과 성장특성을 연구하였다. Seok et al.(2004)은 신체치수와 발치수와의 관계를 살펴보고, 발바닥 부위별 계측 항목에 대한 발 형태 분류를 통하여 학령기 남아의 발 형태를 분석하였다. Jeong(2006)은 직접계측과 분산분석을 통하여 초등학생들의 성장에 따른 연령별 발과 발아치의 형태학적 변화를 측정하고 신체 성장과의 관계를 분석하였다. Ha(2005)는 초등학생의 올바른 보행지도를 위하여 족적과 보적을 조사·분석하여 족형과 보행형태와의 상관관계를 밝혔다. Jeon(2006)은 초등학교 여아의 신발설계에 요구되는 발의 항목에 대해 직접계측 및 사진계측을 실시하여 발의 형태를 유형화하고 각 유형내의 연령분포를 살펴보았다. Jeon and Kwon(2007)은 커버율이 높은 최적의 아

[†]Corresponding author; Wol-Hee Do

Tel. +82-62-530-1346, Fax. +82-62-530-1349

E-mail: whdo@chonnam.ac.kr

동화 치수규격의 설계시안을 제시하고자, 초등학교 여아의 발 관련 데이터를 이용하여 기술통계, 상관관계분석을 실시하였다. 이처럼 지금까지의 연구는 마틴식 계측기나 풋 프린트(Foot-print)법을 사용한 발바닥의 간접계측방법으로 발바닥의 형태를 분석하여 발의 특징을 살펴보는 연구가 주를 이루고 있었다. 이는 발바닥 단면에 대한 연구에 국한되며, 발의 측면이나, 윗부분의 형태에 대한 분석도 필요하다고 생각된다. 초등학생은 아동기와 청소년기가 겹쳐지는 시기이며, 성장이 가장 활발한 시기이다(Jeong, 2003). 발의 성장이 이루어지는 과정을 살펴보기 위해서는 이 시기의 성장과정을 보다 자세히 살펴볼 필요가 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 성인과 다른 성장기 초등학생의 발 특징을 알아보기 위해 3차원 발 측정 데이터를 사용하여 발의 부위별 사이즈를 살펴보고, 입체적인 발의 형태와 크기를 분석하고자 한다. 이는 성장기의 초등학생을 위한 보다 적합한 신발의 제작 및 사이즈 체계 설정에 있어서 중요한 기초자료로 사용될 수 있을 것이라고 사료된다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 제 6차 한국인 인체측정조사사업(KATS, 2010)에서 서울 지역의 초등학생을 대상으로 실시한 3차원 발 측정사업의 대상자로 8세 179명, 9세 212명, 10세 189명, 11세 193명, 12세 232명, 13세 216명의 총 1218명이다.

2.2. 측정 항목 및 자료 분석

본 연구에서는 제 6차 한국인 인체측정조사사업(KATS, 2010)의 3차원 발 측정 자료를 사용하여 통계적 분석을 실시하였다. 측정 항목은 발과 관련된 항목으로 길이 6항목, 두께 및 너비 7항목, 높이 13항목, 둘레 5항목, 각도 4항목의 35항목이다(Table 1). 측정 항목들에 대한 데이터 분석은 PASW Statistics 18 통계 패키지를 사용하여 학년에 따른 항목별 ANOVA 분석을 하였고, Duncan test로 사후검정을 하였으며, 성별에 따른 평균비교와 t-test를 실시하였다. 이때 측정치와 지수치에 대해 각각 분석하였으며, 지수치는 각도 항목을 제외한 모든 계측 항목의 측정치를 발길이를 나눈 후 100을 곱한 비율로 이는 발의 크기요인을 배제하여 발의 형태 차이를 정확하게 분석하고자 한 것이다. 또한, 발의 성장에 대한 경시적인 차이를 살펴보기 위하여 사이즈 코리아의 제 5차(KATS, 2004)와 제 6차 한국인 인체측정조사사업(KATS, 2010)의 데이터를 비교하였다.

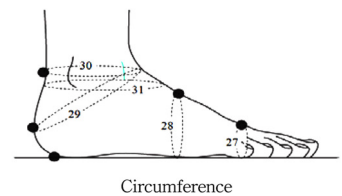
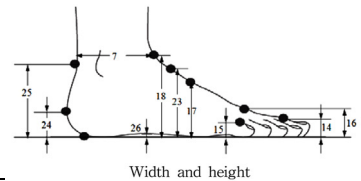
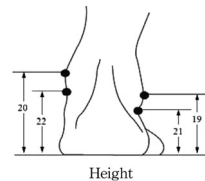
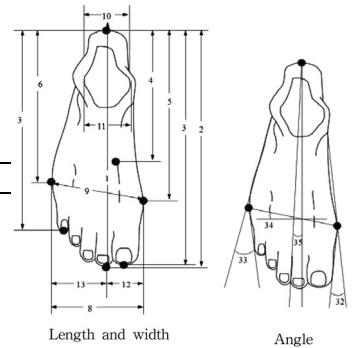
3. 결과 및 논의

3.1. 연령별 발 측정치 비교

8세에서 13세까지 초등학생의 연령별 발 측정치를 분석한 결과, 새끼발가락측각도 항목을 제외한 모든 항목에서 연령 간의

Table 1. 3D scanning foot measurements

Length	
1. Foot length	
2. Heel-to-toe 1 length	
3. Heel-to-toe 5 length	
4. Heel-to-Instep length	
5. Heel-to-tibiale length	
6. Heel-to-fibulare length	
Width	
7. Ankle thickness	
8. Foot breadth	
9. Ball distance	
10. Heel width	
11. Ankle width	
12. Medial ball width	
13. Lateral ball width	
Height	
14. Toe 1 height	
15. Toe 5 height	
16. Ball height	
17. Instep height	
18. Ankle height	
19. Lateral malleolus height	
20. Medial malleolus height	
21. Sphyrion fibulare height	
22. Sphyrion height	
23. Navicular height	
24. Heel height	
25. Height of upper point of heel point	
26. Arch height	
Circumference	
27. Ball circumference	
28. Instep circumference	
29. Heel-to-Instep circumference	
30. Horizontal ankle circumference	
31. Sphyrion circumference	
Angle	
32. Toe 1 angle	
33. Toe 5 angle	
34. Ball line angle	
35. Center line angle	



유의한 차이가 나타났다(Table 2).

항목별로 살펴보면, 길이 항목에서 발길이는 8세 188.9 mm, 9세 199.0 mm, 10세 207.7 mm, 11세 216.0 mm, 12세 222.4 mm, 13세 231.9 mm로 나타나 연령이 높아질수록 항목별 평균치가 높아지는 것을 알 수 있었으며, 나머지 길이 항목에서도 모두 연령이 높아질수록 발길이는 길어지는 것으로 나타났다.

두께 및 너비 항목을 살펴보면 발너비, 볼거리, 내측볼너비 항목은 모든 연령에서 유의한 차이가 있었다. 발목두께는 8세 78.7 mm, 9세 82.3 mm, 10세 85.7 mm, 11세 93.1 mm, 12세 93.7 mm, 13세 95.3 mm이었고, 외측볼너비는 8세 39.6 mm, 9

Table 2. The ANOVA result of 3D foot scan data by age

(unit=mm)

Category	Age 8		Age 9		Age 10		Age 11		Age 12		Age 13		F-value	
	(n=176)		(n=212)		(n=189)		(n=193)		(n=232)		(n=216)			
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
Length (mm)	Foot length	188.9	9.5	199.0	10.6	207.7	9.8	216.0	10.8	222.4	11.2	231.9	12.9	413.557***
		a		b		c		d		e		f		
	Heel-to-toe 1 length	188.7	9.6	198.7	10.6	207.5	9.7	215.5	10.8	222.0	11.4	231.6	12.8	408.213***
		a		b		c		d		e		f		
	Heel-to-toe 5 length	155.5	8.1	162.4	8.7	169.8	8.4	178.2	8.8	182.8	9.2	189.9	10.8	405.032***
		a		b		c		d		e		f		
	Heel-to-Instep length	114.0	8.1	120.9	8.9	124.4	8.3	129.0	8.9	134.1	9.9	141.3	11.1	216.807***
		a		b		c		d		e		f		
	Heel-to-tibiale length	137.3	8.0	145.1	8.8	150.9	8.1	157.7	9.2	161.8	9.3	167.9	9.7	317.207***
		a		b		c		d		e		f		
	Heel-to-fibulare length	119.5	7.3	126.6	7.7	132.0	7.5	139.1	8.9	142.7	8.1	146.7	9.2	317.124***
		a		b		c		d		e		f		
Width (mm)	Ankle thickness	78.7	6.0	82.3	7.3	85.7	6.9	93.1	9.8	93.7	8.1	95.3	8.7	150.184***
		a		b		c		d		e		e		
	Foot breadth	72.5	4.2	76.0	5.0	78.3	4.6	83.4	5.4	86.0	5.5	87.8	6.2	264.398***
		a		b		c		d		e		f		
	Ball distance	74.8	4.5	78.3	5.2	80.7	4.9	85.8	5.6	88.4	5.7	90.5	6.5	250.839***
		a		b		c		d		e		f		
	Heel width	52.7	3.8	54.9	4.5	56.0	4.0	59.2	4.5	60.2	4.5	62.1	4.5	135.504***
	a		b		b		c		c		d			
	Ankle width	57.8	3.6	60.6	4.3	61.8	3.4	64.8	4.3	65.9	4.6	67.7	4.9	149.173***
		a		b		b		c		c		d		
	Medial ball width	32.9	3.6	34.9	3.5	36.3	3.6	38.9	3.9	40.2	4.0	41.6	4.1	152.285***
		a		b		c		d		e		f		
	Lateral ball width	39.6	3.8	41.1	4.2	42.0	4.4	44.1	4.5	45.3	4.5	46.1	5.0	66.279***
		a		b		c		d		e		e		
Height (mm)	Toe 1 height	20.1	2.0	20.6	2.0	21.0	2.3	23.4	2.3	23.8	2.2	24.0	2.4	132.222***
		a		b		b		c		d		d		
	Toe 5 height	16.0	1.9	16.7	2.2	17.4	1.9	18.9	2.1	18.7	2.0	19.1	2.2	74.048***
		a		b		c		d		d		d		
	Ball height	28.2	2.5	28.8	2.7	29.7	3.0	33.2	2.7	33.4	2.9	34.2	3.0	176.762***
		a		b		c		d		d		e		
	Instep height	41.8	3.5	43.4	3.9	45.4	3.7	47.6	3.9	48.4	4.2	49.6	4.9	110.699***
		a		b		c		d		d		e		
	Ankle height	55.9	3.9	58.8	4.2	61.2	3.6	61.7	4.9	65.2	5.6	68.8	4.4	204.632***
		a		b		c		c		d		e		
	Lateral malleolus height	56.0	3.7	58.3	4.2	60.9	3.9	62.8	4.3	65.6	4.6	68.0	4.9	218.006***
		a		b		c		d		e		f		
	Medial malleolus height	56.1	4.3	59.0	5.2	61.1	4.8	64.2	4.4	67.1	4.9	69.9	5.3	228.922***
		a		b		c		d		e		f		
Sphyrion fibulare height	43.8	3.6	46.1	4.1	48.5	3.8	48.8	4.2	51.2	4.2	53.4	4.9	134.918***	
	a		b		c		c		d		e			
Sphyrion height	44.5	4.1	47.4	4.7	49.2	4.5	50.9	4.0	53.2	4.8	55.9	5.3	157.025***	
	a		b		c		d		e		f			
Navicular height	53.7	4.4	55.9	5.0	58.8	4.5	61.8	4.6	63.8	5.0	66.0	5.8	182.572***	
	a		b		c		d		e		f			
Heel height navicular height	20.5	2.4	21.3	2.5	21.6	2.2	23.8	2.7	24.5	3.0	25.2	3.3	99.911***	
	a		b		b		c		d		e			
Height of upper point of heel point	44.3	3.5	45.2	3.8	46.6	3.6	50.7	4.5	52.3	5.5	51.8	4.9	130.009***	
	a		a		b		c		d		d			
Arch height	12.1	3.6	12.8	4.3	14.2	4.2	12.6	4.1	14.1	4.9	13.9	4.3	8.301***	
	a		a		a		b		b		b			

Table 2. The ANOVA result of 3D foot scan data by age (continued)

(unit=mm)

Circumference (mm)	Ball circumference	189.0	11.3	197.7	13.2	203.3	11.7	220.7	14.4	228.2	13.6	233.5	16.0	353.859***
		a		b		c		d		e		f		
	Instep circumference	184.4	11.0	193.3	14.0	198.2	11.9	214.0	14.6	221.1	14.4	227.0	15.9	298.624***
		a		b		c		d		e		f		
	Heel-to-instep circumference	292.1	21.9	311.1	24.5	320.9	22.5	336.7	21.6	350.5	26.1	365.7	31.6	229.081***
	a		b		c		d		e		f			
Angle(°)	Horizontal ankle circumference	210	14.1	220.9	18.2	230.9	17.5	246.2	21.7	248.3	18.8	253.4	20.7	166.174***
		a		b		c		d		d		e		
	Sphyrion circumference	253.9	22.7	263.7	29.6	274.4	28.2	295.6	34.3	300.8	34.4	304.3	31.2	94.895***
		a		b		c		d		d		e		
Angle(°)	Toe 1 angle	6.3	7.7	4.7	4.3	4.9	3.8	6.0	5.2	6.3	5.4	6.0	5.8	3.339***
		a		b		b		c		c		c		
	Toe 5 angle	9.8	11.1	10.3	10.0	10.8	10.4	9.7	10.1	9.3	9.2	11.1	10.0	0.936
		a		a		a		a		a		a		
	Ball line angle	13.7	3.8	13.7	3.4	13.6	3.5	14.5	3.7	14.4	3.5	13.7	3.4	2.607*
	b		b		a		c		b		b			
	Center line angle	1.6	1.3	1.5	1.0	1.4	1.0	1.3	0.9	1.3	1.0	1.2	0.9	5.610***
		d		c		c		b		b		a		

* p<.05, *** p<.001, Duncan test: a<b<c

세 41.1 mm, 10세 42.0 mm, 11세 44.1 mm, 12세 45.3 mm, 13세 46.1 mm로 12세와 13세에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 발꿈치너비는 8세 52.7 mm, 9세 54.9 mm, 10세 56.0 mm, 11세 59.2 mm, 12세 60.2 mm, 13세 62.1 mm이었고, 발목너비는 8세 57.8 mm, 9세 60.6 mm, 10세 61.8 mm, 11세 64.8 mm, 12세 65.9 mm, 13세 67.7 mm로 발꿈치너비와 발목너비 항목은 9세와 10세, 11세와 12세가 각각 같은 그룹으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 즉, 두께 및 너비 항목은 11세에 급격한 성장을 나타냈으며, 11세 이후로 성장 폭이 낮아지는 것을 알 수 있었다.

높이 항목은 가쪽복사높이, 안쪽복사높이, 안쪽복사뼈아래높이, 주상골높이 항목은 모든 연령에서 유의한 차이가 있었다. 반면에 엄지발가락높이는 8세 20.1 mm, 9세 20.6 mm, 10세 21.0 mm, 11세 23.4 mm, 12세 23.8 mm, 13세 24.0 mm이었으며 9세와 10세, 12세와 13세가 각각 같은 그룹으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 새끼발가락높이는 8세 16.0 mm, 9세 16.7 mm, 10세 17.4 mm, 11세 18.9 mm, 12세 18.7 mm, 13세 19.1 mm이었고 11세, 12세, 13세의 세 연령 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 볼높이는 8세 28.2 mm, 9세 28.8 mm, 10세 29.7 mm, 11세 33.2 mm, 12세 33.4 mm, 13세 34.2 mm이었고 11세와 12세는 같은 그룹으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 발등높이는 8세 41.8 mm, 9세 43.4 mm, 10세 45.4 mm, 11세 47.6 mm, 12세 48.4 mm, 13세 49.6 mm로 10세와 11세에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 발꿈치점높이는 8세 20.5 mm, 9세 21.3 mm, 10세 21.6 mm, 11세 23.8 mm, 12세 24.5 mm, 13세 25.2 mm로 9세와 10세가 유의한 차이가 나타나지 않았고, 발꿈치위점높이는 8세 44.3 mm, 9세 45.2 mm, 10세 46.6 mm, 11세 50.7 mm, 12세 52.3 mm, 13세

51.8 mm로 8세와 9세, 12와 13세가 같은 그룹으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 아치높이는 8세, 9세 10세가 같은 그룹으로 유의하게 낮게 나타났으며, 11세, 12세, 13세가 같은 그룹으로 유의하게 높게 나타나 높이 항목도 대부분 11세까지 크게 성장하다가 11세 이후로 성장이 느려지는 것을 알 수 있었다.

둘레 항목에서 볼둘레, 발등둘레, 발꿈치-발등둘레 항목은 모든 연령에서 유의한 차이가 있었으나, 발목수평둘레는 8세 210.0 mm, 9세 220.9 mm, 10세 230.9 mm, 11세 246.2 mm, 12세 248.3 mm, 13세 253.4 mm였고, 복사뼈아래둘레는 8세 253.9 mm, 9세 263.7 mm, 10세 274.4 mm, 11세 295.6 mm, 12세 300.8 mm, 13세 204.3 mm이었으며 이는 11세까지 둘레 항목이 급격하게 성장하다가 12세까지는 많은 변화가 일어나지 않고 성장 폭이 낮아지는 것을 알 수 있었다.

각도 항목은 연령 간의 유의한 차이가 있었으나, 연령에 따른 순차적인 성장의 차이는 나타나지 않았다.

제 6차 사이즈 코리아 3차원 발 측정데이터를 남학생과 여학생으로 구분하여 평균을 비교한 결과, 새끼발가락측각도 항목을 제외한 길이, 두께 및 너비, 둘레의 모든 항목에서 성별 간에 유의한 차이가 있었으며, 아치높이를 제외한 모든 항목에서 남학생의 평균이 여학생보다 높게 나타났다(Table 3).

3.2. 지수치 비교

계측치 비교 결과 초등학생의 발은 11세를 전후로 급격한 성장을 보이는 것을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 초등학생을 8-10세, 11-13세의 저학년과 고학년의 두 그룹으로 나누어 발의 지수치를 비교하였다.

지수치 비교 결과는 Table 4에 나타내었다.

길이 항목에서는 발꿈치-엄지발가락길이, 발꿈치-새끼발가락

Table 3. Comparison of 6th size korea 3D foot scan data by gender (unit=mm)

Measurements		Boys (n=599)		Girls (n=619)		t-test
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Length (mm)	Foot length	213.98	18.31	209.86	17.33	4.036***
	Heel-to-toe 1 length	213.55	18.24	209.63	17.36	3.841***
	Heel-to-toe 5 length	175.96	15.10	171.78	14.27	4.955***
	Heel-to-Instep length	129.90	12.90	125.85	12.41	5.587***
	Heel-to-tibiale length	155.92	13.85	152.34	12.95	4.650***
	Heel-to-fibulare length	136.80	12.75	133.32	11.77	4.946***
Width (mm)	Ankle thickness	89.81	10.21	87.21	9.73	4.549***
	Foot breadth	82.36	7.46	79.70	7.40	6.237***
	Ball distance	84.80	7.76	82.13	7.60	6.065***
	Heel width	59.10	5.40	56.38	5.06	9.061***
	Ankle width	65.07	5.43	61.61	4.77	11.812***
	Medial ball width	38.02	4.65	37.27	5.04	2.698**
	Lateral ball width	44.19	5.21	42.23	4.62	6.963***
Height (mm)	Toe 1 height	23.04	2.56	21.46	2.64	10.624***
	Toe 5 height	18.35	2.27	17.37	2.35	7.434***
	Ball height	32.16	3.60	30.66	3.69	7.189***
	Instep height	47.45	4.76	45.00	4.72	9.015***
	Ankle height	63.65	6.10	60.83	5.85	8.228***
	Lateral malleolus height	63.50	6.10	60.97	5.54	7.563***
	Medial malleolus height	64.61	6.49	61.84	6.70	7.347***
	Sphyrion fibulare height	49.92	5.32	47.77	4.85	7.368***
	Sphyrion height	51.68	5.77	49.26	5.80	7.319***
	Navicular height	61.59	6.53	59.00	6.26	7.057***
	Heel height	23.62	3.36	22.25	2.98	7.582***
	Height of upper point of heel point	49.77	5.44	47.66	5.31	6.832***
	Arch height	13.04	4.61	13.64	4.06	-2.417*
Circumference (mm)	Ball circumference	216.93	21.01	209.42	20.71	6.282***
	Instep circumference	212.26	20.29	202.55	19.84	8.436***
	Heel-to-Instep circumference	337.79	35.66	324.67	33.13	6.648***
	Horizontal ankle circumference	240.65	24.65	231.24	23.08	6.869***
	Sphyrion circumference	288.43	37.39	278.22	33.86	4.998***
Angle(°)	Toe 1 angle	4.94	4.95	6.45	5.90	-4.822***
	Toe 5 angle	10.55	10.22	9.81	9.98	1.285
	Ball line angle	13.69	3.59	14.16	3.51	-2.332*
	Center line angle	1.45	1.03	1.31	1.01	2.354*

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

길이, 발꿈치-발가쪽점길이 항목에서 유의한 차이가 나타났다. 발꿈치-엄지발가락길이 항목은 저학년이 99.88%, 고학년이 99.81%로 나타나 저학년은 전체 발길이에 비해 엄지발가락이 긴 이집트 형 발가락형태인 것을 알 수 있었으며, 발꿈치-새끼 발가락길이와 발꿈치-발가쪽점길이 항목은 고학년에서 높은 지수치로 나타났다.

두께 및 너비 항목은 모든 항목에서 유의한 차이가 나타났

으며, 발목두께, 발너비, 볼거리, 내측볼너비는 고학년이 높은 지수치로 나타난 반면에, 발꿈치너비, 발목너비, 외측볼너비는 저학년에서 지수치가 높게 나타났다.

높이 항목에서는 엄지발가락높이, 볼높이, 발등높이, 발목높이, 안쪽복사높이, 가쪽복사뼈아래높이, 주상골높이, 발꿈치점높이, 발꿈치위점높이, 아치높이 항목에서 유의한 차이가 나타났으며 그 중 발등높이, 발목높이, 아치높이 항목은 고학년에서

Table 4. Comparison of 3D scan data index value between lower grade and higher grade (unit=%)

Measurements	Lower grade (n=577)		Upper grade (n=641)		t-test	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Length/Foot L°×100	Heel-to-toe 1 length	99.88	0.39	99.81	0.53	2.409*
	Heel-to-toe 5 length	81.75	3.83	82.21	2.18	-2.606**
	Heel-to-Instep length	60.33	2.72	60.31	3.01	0.148
	Heel-to-tibiale length	72.76	1.81	72.71	1.81	0.458
	Heel-to-fibulare length	63.48	2.10	63.96	2.63	-3.443***
Deep and width /Foot L°×100	Ankle thickness	41.40	2.56	42.07	3.35	-3.897***
	Foot breadth	38.10	1.69	38.38	1.93	-2.726**
	Ball distance	39.28	1.79	39.50	1.93	-2.117*
	Heel width	27.48	1.75	27.09	1.72	3.944***
	Ankle width	30.27	1.35	29.60	1.51	8.141***
	Medial ball width	17.47	1.60	17.99	1.54	-5.811***
	Lateral ball width	20.62	1.97	20.23	1.96	3.401***
Height/Foot L°×100	Toe 1 height	10.36	1.01	10.63	0.99	-4.632***
	Toe 5 height	8.42	0.95	8.45	0.94	-0.494
	Ball height	14.56	1.32	15.06	1.28	-6.610***
	Instep height	21.95	1.76	21.74	1.88	2.030*
	Ankle height	29.57	1.74	29.23	2.14	2.998**
	Lateral malleolus height	29.44	1.92	29.36	2.04	0.705
	Medial malleolus height	29.61	2.22	30.06	2.11	-3.633***
	Sphyrion fibulare height	23.26	1.96	22.92	2.00	2.992**
	Sphyrion height	23.72	2.10	23.92	2.10	-1.594
	Navicular height	28.30	2.11	28.61	2.17	-2.561*
	Heel height	10.66	1.19	10.97	1.32	-4.269***
	Height of upper point of heel point	22.88	1.85	23.14	2.30	-2.174*
	Arch height	6.57	2.05	6.10	2.03	4.041***
Circumference /Foot L°×100	Ball circumference	99.11	4.42	101.87	4.92	-10.234***
	Instep circumference	96.75	4.70	98.83	5.14	-7.354***
	Heel-to-instep circumference	155.17	7.85	157.10	8.39	-4.124***
	Horizontal ankle circumference	111.08	5.73	111.55	7.32	-1.244
	Sphyrion circumference	132.89	11.00	134.32	12.76	-2.083*
Angle(°)	Toe 1 angle	5.25	5.50	6.12	5.48	-2.749**
	Toe 5 angle	10.33	10.48	10.04	9.75	0.499
	Ball line angle	13.65	3.57	14.17	3.53	-2.555*
	Center line angle	1.52	1.10	1.25	0.94	4.704

L.=Length
* p<0.5, ** p<0.1, *** p<0.01

지수치가 낮게 나타났다.

둘레 항목은 발목수평둘레 항목을 제외한 발볼둘레, 발등둘레, 발꿈치-발등둘레, 모든 항목에서 그룹 간 유의한 차이를 나타냈으며, 모두 고학년에서 지수치가 높게 나타났다.

각도 항목은 엄지발가락측각도, 발볼각도, 발중심선각도 항목에서 유의한 차이가 나타났으며, 엄지발가락측각도, 발볼각도는 고학년에서 크게 나타났고, 발중심선각도는 저학년에서 크

게 나타났다(Table 4).

이상으로 항목별 비교 결과를 정리해보면, 고학년은 저학년에 비해 새끼발가락길이가 길고, 발목이 두꺼우며, 발 상측부위는 너비가 넓고, 두께가 두껍다. 그리고 발등 및 발의 중간부위는 솟은 정도가 낮으며, 아치높이가 낮고 두꺼운 것이 특징이다. 발 하측부위는 너비가 좁고 높이가 높게 나타났다. 또한 고학년에서 내측볼너비가 넓고 엄지발가락측각도가 크게 나타

Table 5. Comparison of 3D scan data index value by gender

(unit=%)

Measurements	Boys (n=599)					Girls (n=619)					
	Lower grade (n=284)		Upper grade (n=315)		t-test	Lower grade (n=293)		Upper grade (n=326)		t-test	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Length /Foot L°×100	Heel-to-toe 1 L.	99.87	0.38	99.74	0.65	3.030*	99.89	0.40	99.89	0.36	0.054
	Heel-to-toe 5 L.	82.11	1.63	82.37	2.12	-1.683	81.40	5.10	82.05	2.23	-2.103*
	Heel-to-Instep L.	60.81	2.67	60.59	2.89	0.941	59.87	2.70	60.03	3.09	-0.689
	Heel-to-tibiale L.	72.85	1.90	72.88	1.90	-0.237	72.67	1.72	72.54	1.70	0.935
	Heel-to-fibulare L.	63.68	2.12	64.16	2.83	-2.373*	63.29	2.06	63.76	2.42	-2.584**
Deep and width /Foot L°×100	Ankle thickness	41.73	2.73	42.17	3.32	-1.776	41.08	2.36	41.97	3.39	-3.859***
	Foot breadth	38.44	1.74	38.58	1.86	-0.911	37.76	1.56	38.19	1.98	-3.022**
	Ball distance	39.60	1.83	39.71	1.93	-0.704	38.97	1.70	39.31	1.92	-2.352*
	Heel W.	27.86	1.73	27.48	1.75	2.706**	27.11	1.68	26.71	1.59	3.011**
	Ankle W.	30.70	1.28	30.21	1.39	4.504***	29.85	1.28	29.00	1.39	7.868***
	Medial ball W.	17.65	1.61	17.87	1.48	-1.671	17.30	1.57	18.12	1.58	-6.482***
	Lateral ball W.	20.79	1.97	20.58	2.01	1.289	20.45	1.96	19.90	1.85	3.583***
Height/Foot L°×100	Toe 1 H.	10.71	0.97	10.85	0.92	-1.848	10.03	0.93	10.41	1.01	-4.940***
	Toe 5 H.	8.62	0.95	8.57	0.91	0.732	8.22	0.90	8.33	0.96	-1.429
	Ball H.	14.83	1.23	15.23	1.23	-3.984***	14.31	1.36	14.89	1.31	-5.450***
	Instep H.	22.34	1.68	22.10	1.77	1.717	21.57	1.75	21.39	1.91	1.235
	Ankle H.	29.99	1.69	29.59	2.15	2.523*	29.16	1.69	28.88	2.08	1.841
	Lateral malleolus H.	29.72	1.97	29.71	2.04	0.024	29.18	1.83	29.02	1.99	0.998
	Medial malleolus H.	30.16	2.08	30.29	2.11	-0.740	29.07	2.22	29.84	2.09	-4.404***
	Sphyrion fibulare H.	23.54	1.95	23.22	2.08	1.909	23.00	1.93	22.63	1.89	2.373**
	Sphyrion H.	24.24	1.97	24.13	2.16	0.641	23.22	2.11	23.71	2.02	-2.908**
	Navicular H.	28.67	2.10	28.93	2.10	-1.510	27.94	2.06	28.31	2.20	-2.146**
	Heel H.	10.83	1.13	11.24	1.39	-3.883***	10.50	1.22	10.71	1.19	-2.263**
	H. of upper point of heel point	23.11	1.85	23.46	2.26	-2.101*	22.66	1.82	22.83	2.29	-1.047
	Arch H.	6.51	2.09	5.79	2.22	4.064***	6.63	2.02	6.40	1.78	1.542
Circumference /Foot L°×100	Ball C.	100.14	4.49	102.51	4.81	-6.234***	98.11	4.12	101.24	4.94	-8.577***
	Instep C.	98.40	4.61	99.97	4.91	-4.025***	95.15	4.21	97.73	5.12	-6.876***
	Heel-to-instep C.	157.29	8.17	158.25	8.72	-1.390	153.12	6.94	155.98	7.92	-4.799***
	Horizontal ankle C.	112.29	5.72	112.64	7.19	-0.665	109.90	5.51	110.50	7.30	-1.147
	Sphyrion C.	133.29	10.89	136.00	12.93	-2.783**	132.49	11.11	132.69	12.41	-0.206
Angle(°)	Toe 1 A.	4.77	5.12	5.09	4.80	-0.775	5.71	5.82	7.11	5.91	-2.964**
	Toe 5 A.	10.81	10.56	10.32	9.91	0.592	9.85	10.41	9.77	9.60	0.108
	Ball line A.	13.38	3.48	13.96	3.67	-1.977*	13.92	3.63	14.38	3.38	-1.634
	Center line A.	1.53	1.07	1.38	0.99	1.759	1.52	1.12	1.12	0.86	4.873***

A.=Angle, C.=Circumference, H= Height, L.=Length, W.=Width

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

나 저학년보다 발안쪽점이 돌출되어있을 것으로 생각된다.

다음으로 성별로 나누어 지수치를 비교한 결과를 Table 5에 나타내었다.

먼저 남학생의 경우에는 모두 13항목에서 저학년과 고학년의 두 그룹 간에 유의한 차이가 나타났다. 길이 항목에서 발꿈

치-엄지발가락길이는 저학년에서 유의하게 높게 나타났으며, 발꿈치-발가락끝길이 항목은 고학년에서 유의하게 높게 나타났다.

두께 및 너비 항목에서는 발꿈치너비, 발목너비에서 유의한 차이가 나타났으며, 두 항목 모두 저학년에서 지수치가 높게 나타났다.

Table 6. The result of mean comparison between 5th and 6th by Size Korea 3D foot scan data

Measurements	5 th Size Korea (n=642)		6 th Size Korea (n=1217)		t-test	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Length (mm)	Foot length	209.64	46.96	211.86	17.92	1.159
	Heel-to-toe 1 length	205.46	50.45	211.53	17.89	2.957**
	Heel-to-toe 5 length	165.24	31.23	173.81	14.81	6.582***
	Heel-to-Instep length	97.92	43.43	127.83	12.81	17.063***
	Heel-to-tibiale length	161.79	14.30	154.09	13.51	-11.467***
	Heel-to-fibulare length	142.14	16.52	135.01	12.35	-9.613***
Width (mm)	Ankle thickness	69.74	20.67	88.47	10.05	21.666***
	Foot breadth	62.78	27.54	81.00	7.55	16.456***
	Ball distance	54.30	29.12	83.44	7.79	24.902***
	Heel width	56.57	6.36	57.71	5.40	3.872***
	Ankle width	61.89	6.20	63.30	5.39	4.880***
	Medial ball width	40.25	5.12	37.63	4.86	-10.676***
	Lateral ball width	45.06	5.49	43.19	5.01	-7.221***
Height (mm)	Toe 1 height	20.97	3.59	22.23	2.72	7.854***
	Toe 5 height	17.46	3.45	17.85	2.37	2.599**
	Ball height	31.56	3.97	31.39	3.72	-0.891
	Instep height	50.41	6.11	46.20	4.89	-15.098***
	Ankle height	71.15	12.08	62.22	6.14	-17.602***
	Lateral malleolus height	59.39	6.55	62.21	5.96	9.127***
	Medial malleolus height	67.66	8.61	63.20	6.74	-11.406***
	Sphyrion fibulare height	44.44	5.95	48.83	5.20	15.809***
	Sphyrion height	56.40	7.58	50.45	5.91	-17.301***
	Heel height	19.34	4.28	22.92	3.25	18.581***
	Height of upper point of heel point	47.28	14.53	48.70	5.47	2.379**
	Arch height	12.30	13.00	13.34	4.35	1.913
Circumference (mm)	Ball circumference	204.57	49.95	213.10	21.18	4.107***
	Instep circumference	195.83	51.62	207.31	20.64	5.350***
	Heel-to-instep circumference	309.01	56.49	331.10	35.01	9.034***
	Horizontal ankle circumference	204.85	51.98	235.84	24.31	14.304***
	Sphyrion circumference	255.03	35.54	283.18	35.92	16.170***
Angle (°)	Toe 1 angle	4.61	5.22	5.70	5.51	4.141***
	Toe 5 angle	3.52	4.60	10.17	10.11	19.461***
	Ball line angle	13.15	4.76	13.93	3.56	3.680***
	Center line angle	0.74	1.26	1.38	1.02	11.082***

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

높이 항목에서는 볼높이, 발목높이, 발꿈치점높이, 발꿈치위 점높이, 아치높이 항목에서 유의한 차이가 나타났으며, 이 중 볼높이, 발꿈치점높이, 발꿈치위점높이 항목이 고학년에서 지수치가 높게 나타났다.

둘레 항목은 볼둘레, 발등둘레 항목에서 유의한 차이가 나타났고 모두 고학년에서 지수치가 높게 나타났다.

각도 항목은 발볼각도 항목에서만 고학년이 유의하게 높게

나타났다.

다음으로 여학생의 경우는 모두 21항목에서 저학년과 고학년의 두 그룹 간에 유의한 차이가 있었다. 길이항목은 발꿈치-새끼발가락, 발꿈치-발가쪽점길이 항목에서 고학년이 유의하게 높게 나타났다.

두께 및 너비 항목은 모든 항목에서 유의하게 높게 나타났다. 발목두께, 발너비, 볼거리, 내측볼너비 항목은 고학년에서

지수치가 높게 나타났고, 발꿈치너비, 발목너비, 외측볼너비 항목은 저학년에서 지수치가 높게 나타났다.

높이 항목에서는 엄지발가락높이, 볼높이, 안쪽복사높이, 가쪽복사뼈아래높이, 안쪽복사뼈아래높이, 주상골높이, 발꿈치점높이 항목에서 유의한 차이가 나타났으며, 가쪽복사뼈아래높이 항목을 제외하고 모두 고학년에서 지수치가 유의하게 높게 나타났다.

둘레 항목에서는 볼둘레, 발등둘레, 발꿈치발등둘레 항목에서 고학년에서 지수치가 유의하게 높게 나타났다.

각도 항목에서는 엄지발가락측각도, 발중심선각도 항목에서 유의한 차이가 나타났으며, 엄지발가락측각도 항목은 고학년이 높게, 발중심선각도 항목은 저학년이 높게 나타났다.

이상으로 남학생과 여학생을 저학년과 고학년의 두 그룹으로 나누어 비교한 결과 그룹 간에 공통적으로 유의한 차이가 나타나는 항목은 발꿈치-발가쪽점길이, 발꿈치너비, 발목너비, 볼높이, 발꿈치점높이, 볼둘레, 발등둘레의 총 7항목으로 나타났다. 즉 발꿈치너비, 발목너비는 저학년의 지수치가 높게 나타났고, 나머지 5항목은 고학년의 지수치가 높게 나타나 고학년이 되면서 발 하측부위의 너비는 좁아지고 두께가 두꺼워지는 것을 알 수 있었다. 또한 남학생의 지수치가 더 높게 나타나 여학생보다 발의 형태가 큰 것을 알 수 있었다.

3.3. 발 측정치의 경시적 비교

초등학생의 발 성장과 관련하여 경시적인 변화를 살펴보기 위해, 각각 2004년과 2010년에 실시한 제 5차와 제 6차의 한국인 인체치수조사사업의 3차원 스캔데이터를 사용하여 발 측정치의 평균을 측정시기에 따라 비교하였다. 그 결과 발길이, 볼높이, 아치높이 항목을 제외한 모든 항목에서 측정시기 간에 유의한 차이가 있었다(Table 6).

항목별로 살펴보면, 길이 항목은 발꿈치-엄지발가락길이, 발꿈치-새끼발가락길이, 발꿈치-발등너비항목은 제 6차에서 현저히 높게 나타났으며, 발꿈치-발가쪽점길이, 발꿈치-발안쪽점길이는 제 5차의 평균이 높게 나타났다. 두께 및 너비 항목에서는 발목두께, 발너비, 볼거리, 발꿈치너비, 발목너비 항목은 제 6차에서 높게 나타났으며, 내측볼너비, 외측볼너비 항목은 제 5차에서 높게 나타남을 알 수 있었다. 높이 항목에서는 엄지발가락높이, 새끼발가락높이, 가쪽복사높이, 가쪽복사뼈아래높이, 발꿈치높이, 발꿈치위점높이 항목은 제 6차에서 높게 나타났으며, 발등높이, 발목높이, 안쪽복사높이, 안쪽복사뼈아래높이 항목은 제 5차에서 높게 나타났다. 둘레 항목과 각도 항목은, 전체적으로 제 6차에서 높게 나타났다. 이상의 결과, 초등학생의 발은 측정시기별로 제 5차보다 제 6차에서 전체적으로 더 빠른 성장 속도를 나타내고 있다는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 초등학생의 발 성장에 대해 알아보기 위하여 제 6차 한국인 인체측정조사사업(KATS, 2010)에서 측정된 3차

원 발 측정 자료를 사용하여 통계적 분석을 실시하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

연구 대상의 성별은 남학생 599명, 여학생 619명으로 나타났다. 연령 분포는 8세 176명, 9세 212명, 10세 189명, 11세 193명, 12세 232명, 13세 216명이었으며, 신장은 139.1 cm, 몸무게는 35 kg, BMI지수는 18.2로 나타났다. 3차원 발 측정치의 기술통계 결과 초등학생의 발길이는 211.0 mm, 발너비는 80.7 mm, 볼높이는 31.3 mm, 아치높이는 13.3 mm, 볼둘레는 212.1 mm로 나타났다. 다음으로 연령별 발 측정치의 분석 결과 새끼발가락측각도 항목을 제외한 모든 항목에서 연령 간의 유의한 차이가 나타나 지속적으로 발의 성장이 있음을 알 수 있었다. 항목별로 살펴보면, 길이 항목은 연령이 높아질수록 항목별 평균치가 꾸준히 높아져 발길이가 길어지는 것을 알 수 있었으며, 두께 및 너비 항목에서 발너비, 볼거리, 내측볼너비 항목도 꾸준히 성장하고 있었으나, 발목두께, 발꿈치너비, 발목너비 항목은 11세에 급격한 성장을 나타냈으며 11세 이후로 성장 폭이 낮아지는 것으로 나타났다. 높이 항목에서 가쪽복사높이, 안쪽복사높이, 안쪽복사뼈아래높이, 주상골높이 항목은 연령에 따른 지속적인 성장을 보이고 있었으며, 엄지발가락높이, 새끼발가락높이, 볼높이, 발등높이, 발꿈치점높이, 발꿈치위점높이 항목에서 11세까지 크게 성장하다가 11세 이후로 성장이 느려지는 것을 알 수 있었다. 둘레 항목은 볼둘레, 발등둘레, 발꿈치-발등둘레 항목은 모든 연령에서 유의적인 차이가 있어서 연령에 따라 성장하는 것으로 나타났으며, 발목수평둘레, 복사뼈아래둘레 항목에서 11세까지 급격하게 성장하고 11세 이후로는 성장 폭이 낮아지는 것을 알 수 있었다. 각도 항목은 연령 간의 유의한 차이가 나타났으나, 연령에 따른 순차적인 성장의 차이는 나타나지 않았다.

저학년과 고학년으로 구분하여 분석한 3차원 발 지수치의 평균비교 결과, 남학생의 경우는, 발꿈치-엄지발가락길이, 발꿈치-발가쪽점길이, 발꿈치너비, 발목너비, 볼높이, 발목높이, 발꿈치점높이, 발꿈치위점높이, 아치높이, 볼둘레, 발등둘레, 발발각도 항목의 총 13항목에서 그룹 간에 유의한 차이가 있었다. 여학생의 경우는, 발꿈치-새끼발가락, 발꿈치-발가쪽점길이, 발목두께, 발너비, 볼거리, 내측볼너비, 발꿈치너비, 발목너비, 외측볼너비, 엄지발가락높이, 볼높이, 안쪽복사높이, 가쪽복사뼈아래높이, 안쪽복사뼈아래높이, 주상골높이, 발꿈치점높이, 볼둘레, 발등둘레, 발꿈치발등둘레, 엄지발가락측각도, 발중심선각도 항목의 총 21항목에서 그룹 간에 유의한 차이가 있었다.

이상의 결과에서 3차원 발 측정 항목은 각도 항목을 제외한 모든 항목에서 연령이 높아질수록 항목별 평균이 높아지는 것을 알 수 있었다. 길이 항목은 지속적으로 성장하며, 두께 및 너비, 높이, 둘레 항목은 11세를 기점으로 성장속도가 급격하게 증가하다가 11세 이후에는 성장속도가 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 남학생이 여학생보다 높은 지수치로 나타나 남학생의 발 형태가 더 큰 것을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 성인과 다른 초등학생 아동의 신발제작에 필요한 발 형태에 대한

분석과 이해가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(BK21플러스사업, S13HR15D0801).

References

Ha, H. S. (2005). *A study on footprint and footsteps of elementary school students*. Unpublished master's thesis, Chinju National University of Education, Jinju.

Jeon, E. K. (2006). Quantitative analysis of the size and the structural factors of the feet for elementary school girls' shoe design. *Korean Journal of Human Ecology*, 15(4), 651-658.

Jeon, E. K., & Kwon, S. H. (2007). A tentative study on sizing system for children's shoes. *Korean Journal of Human Ecology*, 16(1), 173-181.

Jeong, Y. K. (2003). *The morphological changes of foot and foot arch as primary-school students are growing*. Unpublished master's thesis, Hanseo University, Seosan.

Korean Agency for Technology and Standards. (2004). *The 5th Size Korea 3D scan & measurement technology report*. Seoul: Government Printing Office.

Kim, T. K. (1996). *A study of foot types and deformities of adults in a rural community in Korea*. Unpublished master's thesis, Hanyang University, Seoul.

Korean Agency for Technology and Standards. (2010). *The 6th Size Korea 3D scan & measurement technology report*. Seoul: Government Printing Office.

Ku, J. H., Kim, E. J., Kim, H. R., Lee, H. J., Son, S. J., Sim, E. J., Kim, J. Y., & Park, S. J. (2013). The analysis of foot measurement of elementary school aged boy. *Proceedings of The Society of Fashion & Textile Industry, Fall Conference, Korea*, pp. 392-393.

Lee, J. E., & Do, W. H. (2013). A study of foot growth of elementary school students. *Proceedings of The Society of Fashion & Textile Industry, Fall Conference, Korea*, p. 377.

Lim, J. Y., & Choi, S. W. (2005). The classification of foot types of junior high school boys for the development of shoes' easy-order prototype. *Fashion & Textile Research Journal*, 7(5), 535-541.

Markus, W., Dirk, H., Angela, S., & Robert, M. (2008). Children sport shoes-A systematic review of current literature. *Foot and Ankle Surgery*, 14(4), 180-189. doi:10.1016/j.fas.2008.04.001

Moon, M. Y. (1993). *A study on the classification of foot type and the analysis of foot shape for Korean women*. Unpublished doctor's thesis, Pusan National University, Busan.

Park, M. A. (1999). Factor analysis for the foot and calf growth of primary-school children. *Journal of Fashion Business*, 3(2), 77-83.

Park, M. A. (2002). A study on the character for the foot and calf growth of primary school children. *Fashion & Textile Research Journal*, 4(2), 163-168.

Seok, E. Y., Jeon, E. K., Park, S. J., & Kwon, S. H. (2004). The analysis of foot shape of elementary school boys. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 23(2), 1-11.

Wolf, S., Simon, J., Patikas, D., Schuster, W, Armbrust, P., & Döderlein, L. (2008). Foot motion in children shoes-a comparison of barefoot walking with shod walking in conventional and flexible shoes. *Gait & Posture*, 27(1), 51-59. doi:10.1016/j.gaitpost.2007.01.005

(Received 8 August 2014; 1st Revised 16 September 2014;
2nd Revised 26 November 2014; 3rd Revised 29 November 2014;
Accepted 10 December 2014)